

微地震监测技术在大庆油田 A 区块 井网设计中的应用

马继升

(大庆油田有限责任公司第十采油厂地质大队,黑龙江大庆 163312)

[摘要] 人工裂缝方位与井排方向影响着低渗油藏开发效果,在人工造缝过程中,应用微地震监测压裂层人工裂缝的方位、走向、裂长及缝高,结合地应力方向确定井排方向,为 A 区块取得较好的开发效果奠定了基础。

[关键词] 微地震监测;人工裂缝;井网设计

[中图分类号] TE19 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2012)04-0074-03

1 前言

随着油田开发的深入,已开发区油田实践表明,河流相低渗透砂岩的开发效果主要受井网形式、注水政策等因素影响,其中人工裂缝方向与井网的配置关系对于提高水驱控制程度,建立有效的驱动物体系,避免过早水淹具有主导作用。微地震监测技术能够较好地监测人工裂缝的方位、走向、缝长及缝高,指导区块井网设计。

2 基本技术原理

微地震源于地层压力升高,压裂时注入高压液体。根据摩尔-库伦准则,沿着压力升高区边缘会发生微小地震^[1]。微地震的实际频段一般从几十到几百周,相当于-2至-5级地震。一般来说,震级越小,频率越高。微地震监测系统包括6个分站,仪器的工作频段为50~200周,能够监测到较大的微地震(相当于-2级),并根据微地震到时进行震源定位,由微地震震源的空间分布可以描述人工裂缝的方位、走向、裂长及缝高。

摩尔-库伦准则可以写为

$$\tau \geq \tau_0 + \mu(S_1 + S_2 - 2P_0)/2 + \mu(S_1 - S_2) \cos(2\varphi)/2 \quad (1)$$

式(1)中, $\tau = (S_1 - S_2) \sin(2\varphi)/2$ 。式(1)表示若左侧不小于右侧时则发生微地震。式(1)中, τ 是作用在裂缝面上的剪切应力; τ_0 是岩石的固有的无法向应力抗剪断强度,数值由几兆帕到几十兆帕,若沿已有裂缝面错断, τ_0 数值为0; S_1 、 S_2 分别是最大、最小主应力; P_0 是地层压力; φ 是最大主应力方向与裂缝面法向的夹角。

由式(1)可以看出,压裂形成的微地震是压裂诱发地下原有能量的释放,不仅仅是施工作业能量本身,有足够的辐射强度被地面检波器接收到。微地震还易于沿已有裂缝面发生,这时 τ_0 为零,易于满足发震条件。 P_0 增大,右侧减小,也会发生微地震。

3 微地震监测技术在井网设计中的应用

3.1 区块概况

A 区块位于朝阳沟阶地薄荷台鼻状构造的一个地垒断块上。区内探井、评价和开发井 10 口,含油面积 3.18 km²,探明地质储量 190.22 × 10⁴ t,沉积特征主要以三角洲前缘沉积水下分流河道,单井平均砂岩厚度 20.4 m,单井平均钻遇有效厚度 6.4 m,平均有效孔隙度 16.7%。平均渗透率为 5.2 × 10⁻³ μm²。

区内 3 口井进行微电阻率扫描成像和交叉多极

[收稿日期] 2012-02-14

[作者简介] 马继升(1980—),男,黑龙江讷河市人,助理工程师,主要从事油藏前期评价工作;E-mail:majishengb@petrochina.com.cn

子阵列声波测井,资料结果分析表明该区块基本不发育天然裂缝。对地应力进行了分析解释,该区平均最大水平主应力 25.5 MPa,最小水平主应力 20.8 MPa,最大与最小水平主应力差值为 4.7 MPa,最大水平主应力方位为北东 75.0°。

3.2 微地震监测结果确定人工裂缝方向

从区内 4 口井微地震监测结果看(见表 1),裂缝方向以近东西向为主,其中北东向裂缝方位平均 67.2°,北西向裂缝方位平均 87.7°。

表 1 压裂人工裂缝监测成果统计表

Table 1 Monitoring result of hydraulic fracturing

井号	压裂深度/m	统计方位/(°)	缝长/m	缝高/m
1 井	941.4 ~ 947.2	北东 76.7	197.3	21.3
	995.0 ~ 1011.6	北西 87.1	205.3	21.3
2 井	974.1 (第一次)	北东 84.5	192.0	21.3
	974.1 (第二次)	北西 88.4	210.0	22.7
3 井	976.6 ~ 989.0	北东 67.9	176.0	23.3
	1 020.8 ~ 1 022.8	北东 51.7	192.0	18.7
4 井	1 075.2 ~ 1 079.2	北东 51.7	192.0	18.7
	1 050.8 ~ 1 060.8	北东 70.7	202.7	24.0

3.3 井网设计

地质研究表明,该区砂体延伸方向以近南西~北东向为主,主要呈条带状、断续条带状。为使注水井网有较大的波及体积,在井网设计时,既要考虑砂体的延伸方向,同时要考虑人工裂缝的方向。

高渗油田井排方向应该避开裂缝方向,以减少水淹几率;低渗油田井排方向应该平行裂缝方向,以提高注水见效速度。根据油田渗透率极低的特点,为使压裂注水后能获得较高的水驱控制程度,改善开发效果,要求井排方向应尽量平行于裂缝方向。根据人工裂缝监测结果,结合最大主应力方向和砂体延伸方向(见图 1、图 2),综合确定区块采用 300 m × 150 m 井网,井排方向为东西向。

4 开发效果

2007 年采用菱形井网近似反九点面积注水开发,水驱控制程度 74.6%,投产初期日产油保持

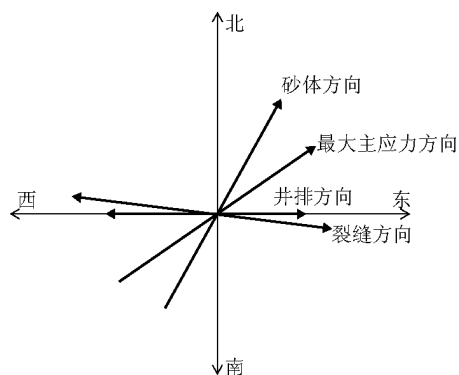


图 1 井网设计方法示意图

Fig. 1 Well network design graph

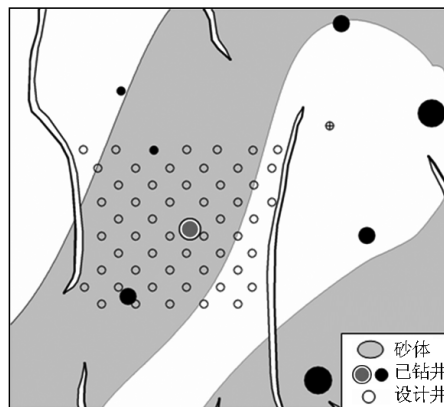


图 2 A 区块井网设计结果图

Fig. 2 Design result for A block

2.1 t 的水平,投产一年后产量仍然稳定在 1.5 t,取得较好的开发效果。

5 结语

1)微地震监测技术能够监测人工裂缝方位、走向、缝长及缝高。

2)应用微地震人工裂缝监测结果结合最大主应力方向和砂体方向能够指导井网设计。

参考文献

[1] 朱介寿,等.地震学中的计算方法[M].北京:地震出版社,1988.

Application of microseismic monitoring technology in Daqing Oilfield A block well net design

Ma Jisheng

(No. 10 Oil Product Company, Daqing Oilfield Co., Ltd., Daqing, Heilongjiang 163312, China)

[**Abstract**] The artificial fracture position and the well row direction influence the exploitation effect of low permeability reservoir. In the process of creating artificial fractures, we apply microseismic to monitor their direction, location, orientation, length and height, and determine the well alignment direction combined with the stress orientation, all of which establish well foundation for improving the development effect of A block.

[**Key words**] microseismic monitoring; artificial fracture; well pattern design